

## 名古屋市有松地区山田家住宅の耐震性能評価

Seismic Performance Evaluation of Yamada's House Located in Arimatsu District, Nagoya City

向坊恭介<sup>1</sup>・北山めぐみ<sup>2</sup>・藤木庸介<sup>3</sup>・平尾和洋<sup>4</sup>・鬼頭良輔<sup>5</sup>・森上和佳子<sup>6</sup>・山本直彦<sup>7</sup>  
Kyosuke Mukaibo, Megumi Kitayama, Yosuke Fujiki, Kazuhiro Hirao,  
Ryosuke Kito, Wakako Morikami and Naohiko Yamamoto

<sup>1</sup>立命館大学助教 理工学部建築都市デザイン学科 (〒525-8577 滋賀県草津市野路東1-1-1)  
Assistant Professor, Dept. of Architecture and Urban Design, Ritsumeikan University

<sup>2</sup>奈良女子大学大学院博士後期課程 人間文化研究科 (〒630-8506 奈良県奈良市北魚屋東町)  
Graduate Student, Graduate School of Humanities and Sciences, Nara Women's University

<sup>3</sup>京都嵯峨芸術大学准教授 芸術学部デザイン学科 (〒616-8362 京都府京都市右京区嵯峨五島町1)  
Associate Professor, Dept. of Design, Kyoto Saga University of Arts

<sup>4</sup>立命館大学教授 理工学部建築都市デザイン学科 (〒525-8577 滋賀県草津市野路東1-1-1)  
Professor, Dept. of Architecture and Urban Design, Ritsumeikan University

<sup>5</sup>立命館大学学部生 理工学部建築都市デザイン学科 (〒525-8577 滋賀県草津市野路東1-1-1)  
Student, Dept. of Architecture and Urban Design, Ritsumeikan University

<sup>6</sup>セキスイハイム東海株式会社 (〒430-7725 静岡県浜松市中区板屋町111-2)  
SEKISUI HEIM Tokai Co., Ltd

<sup>7</sup>奈良女子大学准教授 生活環境学部住環境学科 (〒630-8506 奈良市北魚屋東町)  
Associate Professor, Dept. of Residential Environment And Design, Nara Women's University

In this paper, the seismic performance of Yamada's house located in Arimatsu district, Nagoya city is evaluated based on the measurement survey. The target house was built about 220 years ago, and experienced several minor changes of the plan. We investigated the arrangement of the seismic resisting walls, and calculated the weight of the whole building. In the first floor, many of the walls are positioned both sides of the building in the transverse direction, and there are few in the longitudinal direction. By a spectral response analysis, it was found that the seismic performance in the longitudinal direction may be insufficient.

**Keywords :** *Traditional timber building, Arimatsu district, Seismic performance evaluation, Response analysis*

### 1. はじめに

平成23年4月までに全国で91の地区が重要伝統的建造物群保存地区（重伝建地区）に指定され、行政による資金的援助の下、歴史的街並みの保全や伝統産業の継承などの取り組みが行われている。しかし、伝統的建造物を有しているにも関わらず、重伝建地区に指定されていない地域では、住民の過疎や高齢化、地域産業の衰退などの社会的背景により、伝統的建造物の解体や放置、無配慮な増改築などが進み、歴史的街並みが急速に失われつつある。

旧東海道沿いの集落のひとつである、愛知県名古屋市緑区有松は「有松絞」と呼ばれる絞り産業で江戸から大正期にかけて栄え、現在でも県指定文化財民家1棟、市指定文化財民家3棟などを始めとして伝統的建造物が存在している。しかし、有松全体としては、重伝建地区には指定されておらず、歴史的街並みの変容が進行している<sup>1)</sup>。この問題に対して、住民組織である「有松まちづくりの会」は、市の歴史まちづくり推進室等とともに街並み保全に向けた活動を行っているところである。

一方で、こうした歴史的街並みの保全に際しては、各々の伝統的建造物の耐震性・防火性の確保と合理的

な防災計画を欠くことが出来ない。しかし、当該地区における建造物群を対象とした構造的観点による既往の調査データは見られない。そこで、本研究では、有松地区の最も古い伝統的木造住宅のひとつである山田家住宅の耐震性能評価を実測に基づいて行うことで、当該地区の伝統的建造物の耐震性を把握するための基礎データとして資することを目的とする。

山田家住宅は、旧東海道のすぐ南側に位置し（図1）、卯建や虫籠窓などの有松の伝統的意匠を残す民家である。棟札によると寛政3年（西暦1791年）の建造であることが調査で明らかにされている。絞り業の商家として建造され、後に所有者が変わって薬局となり、平成15年からは居住者がいない状態が続いている。ファサードは、薬局当時の鋼製看板で覆われているが（図2）、内部の構造体はほとんど伝統的な構法によるものが残っている（図3）。既往の調査研究や名古屋市による調査は、外観意匠や室構成に関するものであり、山田家住宅の構造的特徴が有松地区の伝統的木造建築物を代表し得るものかどうか不明である。ただし、建築年代から考えて、有松地区における最も古い構造的特徴を各部に示すものとする。



図1 山田家住宅と旧東海道の位置



図2 北側外観(一部は鋼製看板で覆われている)



図3 室内の様子



図4 土塗り壁の分類

## 2. 耐震要素の抽出

対象建築物のうち、南側のトイレおよび倉庫部分を除く主屋を検討対象とする。実測図面および写真から、土塗り壁の全壁、腰壁、垂れ壁、板壁、モルタル壁といった耐力壁の配置を把握し、壁長さや小壁のせいを抽出した（図4）。なお、実測では柱間寸法が890～950mm程度のばらつきがあったが、計測誤差も考えられるため、910mmモジュールで読み換えるとともに、実測寸法を適宜丸めて読み取った。抽出した耐力壁の配置を図5に示す。図中のHWは垂れ壁、SWは腰壁、それぞれに続く数値は内法高さ(mm)を意味している。また、耐力壁の存在構面全てを対象としてX1～X13、Y1～Y11まで通り名称を振っている。南北方向を張り間、東西方向をけた行とする。

1階の耐力壁の分布を見ると、張り間方向の両妻側に土塗り全壁が連なり、建物内部の特につけた行方向に全壁がほとんど存在しないことが分かる。一方、2階では、両方向とも同程度に壁が配置されており、1階に比べると密に存在していることが分かる。これらは、京町家の壁配置によく見られる特徴と類似しており、町家型民家の典型とも言える。軸組の比較として柱径を見ると、対象建築物では、主要な室の隅柱には150mm（5寸）角程度、その他の柱には105～120mm（3寸5分～4寸）角のものが用いられている。一方、文献2)によると、京町家の居室の柱は100～120mm角と報告されており、主要なフレームを構成する室の隅柱は京町家よりも大きな径の柱が用いられ、その他の柱は京町家と同程度となっている。

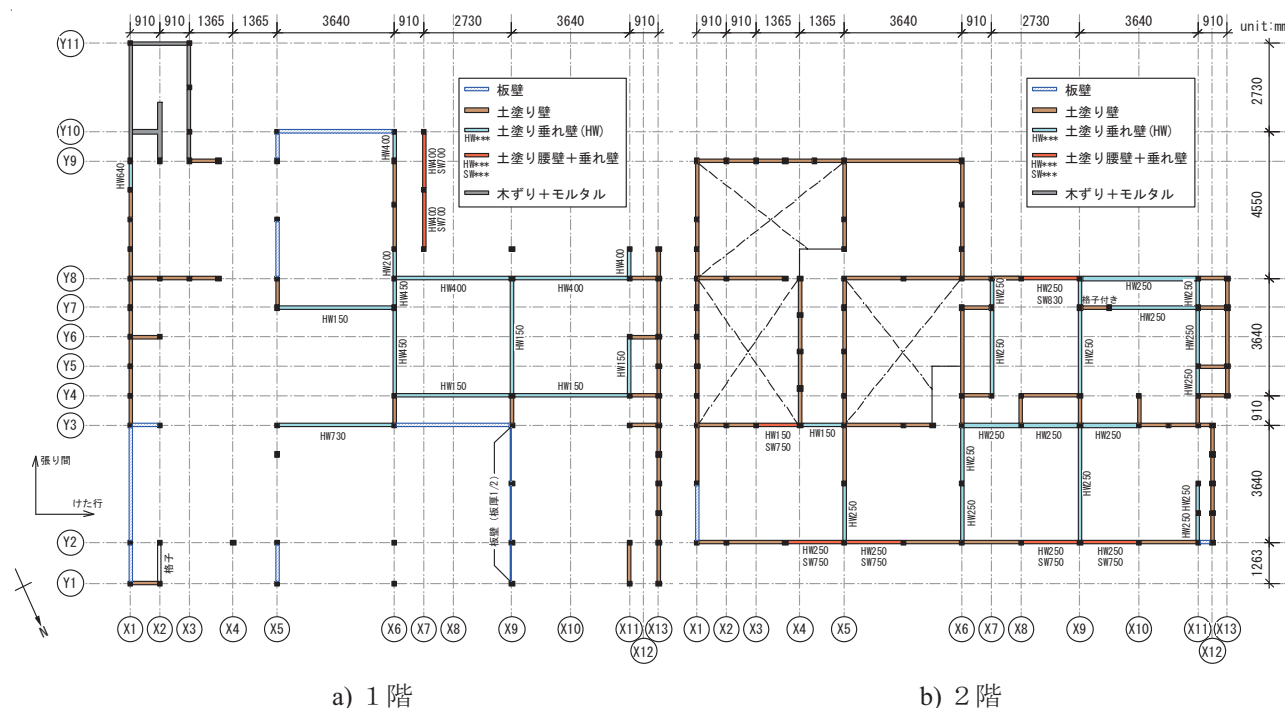


図5 耐震要素の配置

### 3. 重量算定

次に、耐震性能評価において重要なパラメータである、対象建築物の重量を算定する。建築基準法施行令第84条および同85条、既往の研究<sup>2)</sup>に基づいて、各構成要素の単位重量を表1のとおりに設定し、2章で抽出した耐力壁および各階床面積、屋根面積に乗じて重量を算出した。瓦の葺き土は調査時にその存在が確認出来たため、瓦葺き屋根の単位重量には葺き土有（980N/m<sup>2</sup>）を採用している。また、実測図面より、屋根

表1 単位重量

構面	項目	単位重量[N/m <sup>2</sup> ]
屋根	瓦葺き（葺き土有）	（屋根面につき） 980
	母屋、小屋組	（屋根面につき） 300
壁	土塗り壁	830
	板壁	100
	モルタル壁	640
天井・床	天井	100
	畳敷	340
	板張	150
	床ばり	100
積載荷重	地震用	600

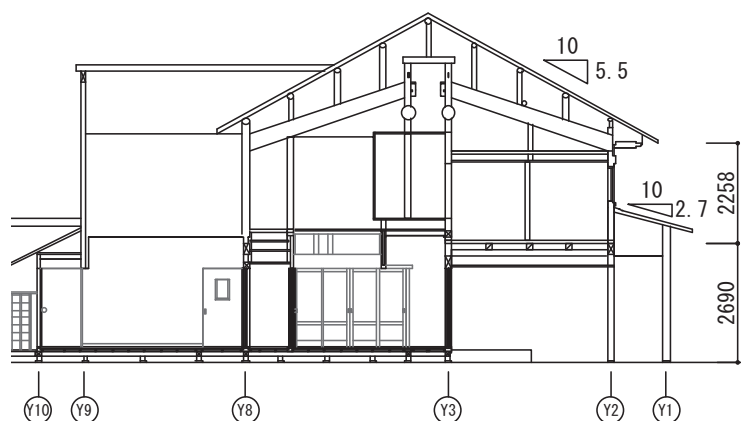


図6 階高と屋根勾配

勾配は5.5寸勾配、下屋は2.7寸勾配とし、階高は1層が2690mm、2層が2258mmとした（図6）。以上より、設計用地震時建物重量は、1層が291kN、2層が378kNとなった。1層では下屋（90kN）と耐力壁（142kN）の重量、2層では屋根（283kN）と耐力壁（85kN）が大きな割合を占めている。

#### 4. 復元力特性

2章で抽出した耐力壁の配置に基づいて、建物全体の復元力を算出する。各耐力壁の復元力は、既往の文献<sup>3)</sup>を基準とし、それぞれの仕様に依じて換算した。基準とした幅1820mm×高さ2730mmの単位フレームの復元力特性を図7に示す。垂れ壁および腰壁は、基準の土壁小壁高さが900mmであることから階高に対する壁土の高さの比に応じて、他の全壁は壁長さに依じて換算した。なお、目視や写真等により、耐力壁および軸組は比較的健全であると判断し、経年変化あるいは生物劣化による耐力低下等は考慮していない。また、柱―梁、柱―差鴨居などの接合部の耐力は考慮していないが、図7の単位フレームの復元力には四周の軸組の効果も含まれている。

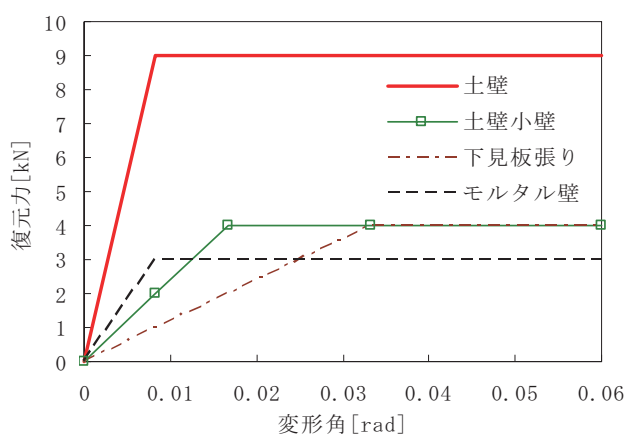


図7 基準とした単位フレームの復元力特性

以上より換算した各耐力壁の復元力を層ごと、方向ごとに加算した建物全体の復元力特性を図8、9に示す。図中の $P_{max}$ は最大耐力、 $C_B$ は最大ベースシヤ係数を表す。いずれの場合も、土塗り全壁が主要な耐力要素となっており、その他の要素はそれぞれ全体の復元力特性の1割程度以下である。また、2章で述べたとおり、1層に比べて2層の土塗り全壁の量が多いため、2層の方が大きな耐力となっている。

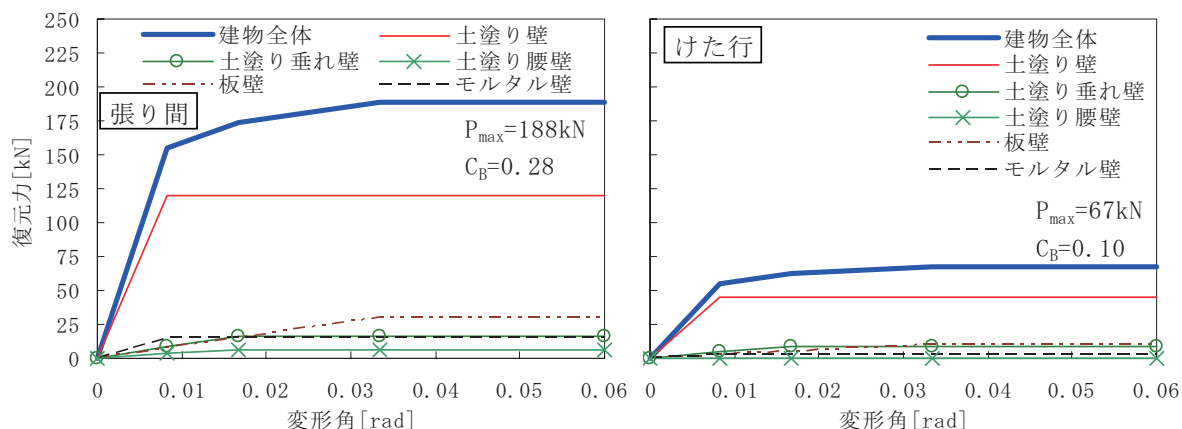


図8 1層の復元力特性



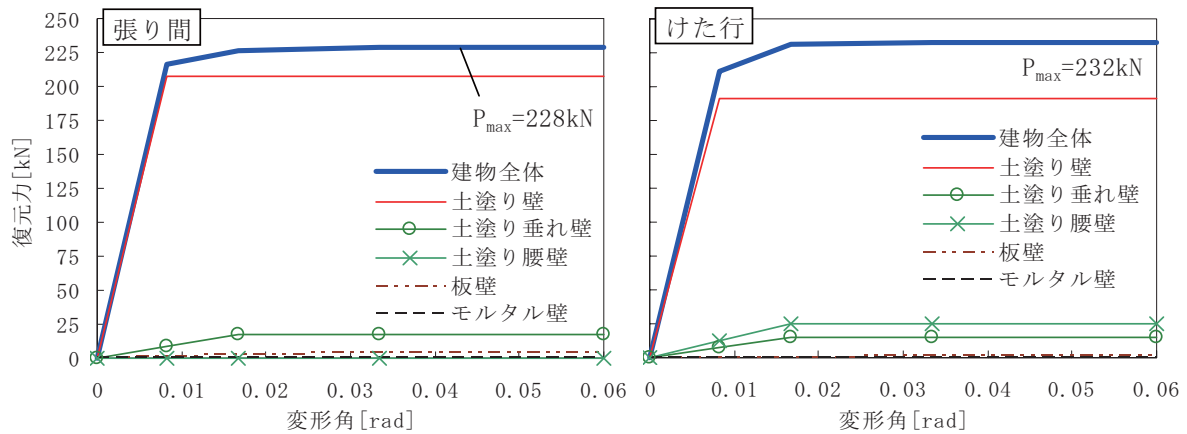


図9 2層の復元力特性

1層最大耐力の構面ごとの比較を図10に示す。1層けた行方向に全面壁がほとんど無いことから耐力が他に比べて非常に低いこと、1層張り間方向では東西の外壁が耐力の殆どを占めていることが分かる。ベースシヤ係数は、張り間方向で0.28、けた行方向で0.10となり、京町家の平均的なベースシヤ係数<sup>2)</sup>(張り間：0.41、けた行：0.15)よりもやや小さくなっている。これは、耐力壁の配置が類似しているのに対して、京町家に比べて間口が広く、建物規模が大きいためと考えられる。

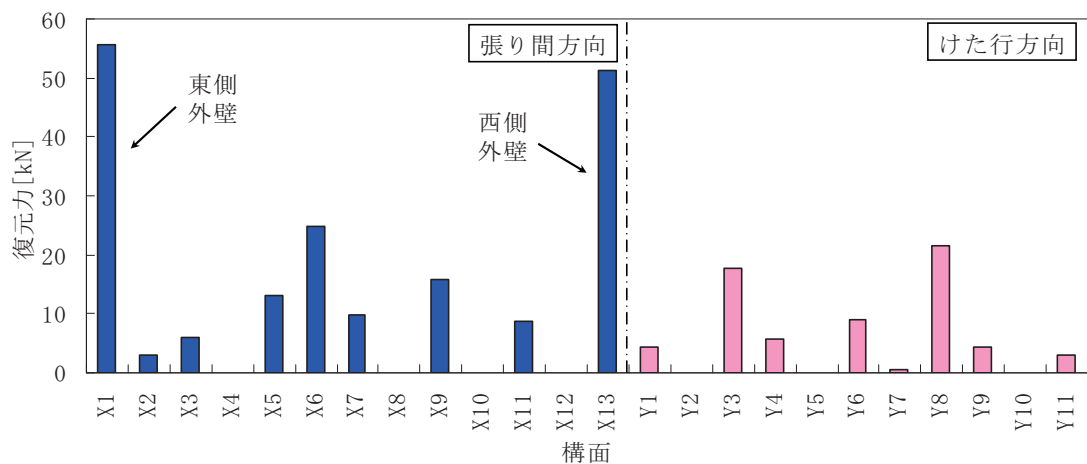


図10 1層最大耐力の構面ごとの比較

## 5. 耐震性能評価

これまでの検討で算定した復元力特性、重量、階高に基づいて、限界耐力計算により耐震性能評価を行う。対象建築物を等価な固有周期と減衰特性を持つ1自由度系に縮約し、最大応答変位を求めたのち、各階に変形を分配した。初期剛性時の固有周期は、張り間 0.7s、けた行 1.1s であった。減衰定数は、初期剛性時は 0.05 とし、履歴吸収エネルギーを考慮した等価粘性減衰を変位ステップごとに算出した。後述する極稀地震に対する応答時には、等価粘性減衰定数は 0.20 程度まで増大する。入力地震動は、平成 12 年建設省告示 1461 号の加速度応答スペクトルおよび同 1457 号の地盤増幅率(第2種地盤)を用い、損傷限界に対応する稀地震および安全限界に対応する極稀地震としている。縮約1自由度系の応答値を図 11 に示す。図 11 において、必要性能スペクトルと建物全体の復元力との交点が実際の応答値になる。張り間方向の稀地震で 1/168rad、極稀地震で 1/20rad、けた行方向の稀地震で 1/91rad、極稀地震で交点無しとなった。この縮約1自由度系の応答を固有モードにしたがって、各階の変形角として割り振った結果を表 2 に示す。

張り間方向1階の応答変形角は、稀地震で 1/136rad、極稀地震で 1/14rad となった。通常、損傷限界変形角は 1/120rad、安全限界は建物の変形性能によって 1/30~1/15rad とされ、安全限界をやや超える変形角となっている。一方、けた行方向1階では、稀地震で 1/64rad、極稀地震では応答値が求まらず、倒壊する結果

となった。特にけた行方向で耐震性能が不足していると言える。

いま、重量低減の方策として、屋根の葺き土を撤去すると考えると、重量が約 100kN 低減され応答変形角もやや小さくなるが、それでもけた行方向では損傷限界、安全限界を超える応答を示している（表 3）。したがって、けた行方向の耐震性能を確保するためには、耐震要素の改変が必要であることが分かる。

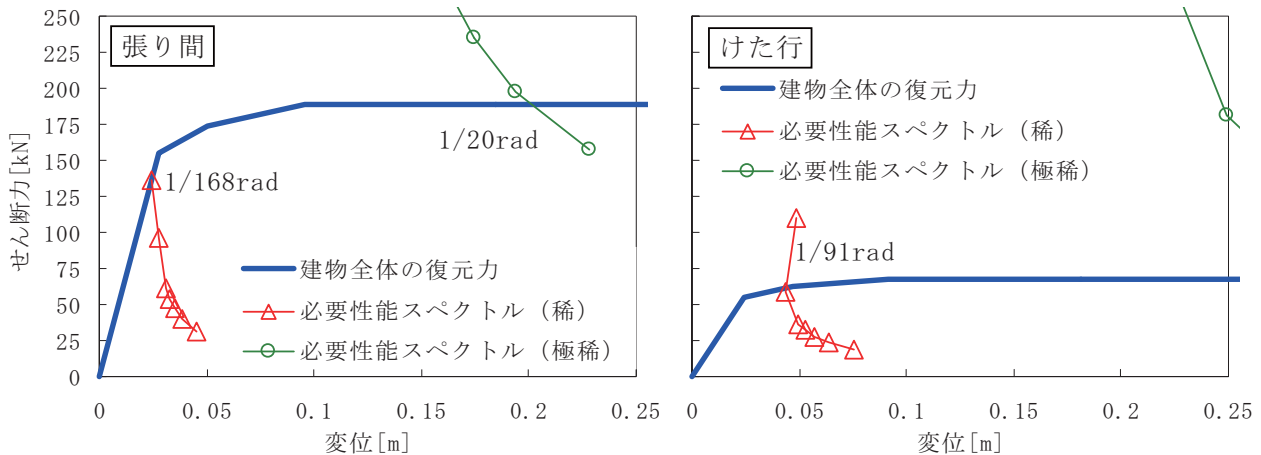


図 11 縮約 1 自由度系の応答

表 2 各階の応答変形角

		変形角 [rad]	
		稀地震	極稀地震
張り間 方向	2 階	1/298	1/233
	1 階	1/136	1/14
けた行 方向	2 階	1/685	応答値なし
	1 階	1/64	応答値なし

表 3 各階の応答変形角（葺き土無しとした場合）

		変形角 [rad]	
		稀地震	極稀地震
張り間 方向	2 階	1/369	1/250
	1 階	1/160	1/16
けた行 方向	2 階	1/713	応答値なし
	1 階	1/68	応答値なし

## 6. まとめ

実測調査に基づき、山田家住宅の耐震要素を抽出し、耐震性能評価を行った。京町家に類似した耐力壁の配置となっており、1 層けた行方向に全面壁がほとんど無いことから耐力が他に比べて非常に低いこと、張り間方向では両妻側の外壁が耐力の殆どを占めていることが分かった。ベースシヤ係数は、張り間で 0.28、けた行で 0.10 であった。限界耐力計算による耐震性能評価の結果、けた行方向で耐震性能が不足していることが指摘された。ただし、目視される範囲においては、軸組や壁などに致命的な劣化は見られず、比較的健全な状態であると判断出来る。

本研究で得られた知見は、有松地区における最も古い年代の建築物の耐震性を評価する上で定性的には適用可能と考える。今後、当該地区の建築物の構造的特徴に関する網羅的な調査を実施することで、地区全体の耐震性の評価に繋げていくことも可能と考える。

**謝辞：** 本研究は文部科学省科学研究費補助金による研究「自律的観光開発を活用した伝統的居住文化の維持・保全に関する研究」基盤研究（C）平成 21 年度～平成 23 年度（研究代表：藤木庸介）並びに、私立大学戦略的研究基盤形成支援事業「文化遺産を核とした観光都市を自然災害から守るための学術研究拠点」（研究代表：深川良一）により行われたものである。また、実測調査に協力して頂いた所有者および関係者の方々に謝意を表する。

## 参考文献

- 1) 藤木庸介ほか: 伝統的居住文化の維持・保全と観光開発の共生に関する研究 その 1～5, 日本建築学会大会学術講演梗概集（北陸）, pp. 701-710, 2010, 9.
- 2) 須田達, 鈴木祥之, 奥田辰雄, 小笠原昌俊: 京町家の耐震性能評価と耐震補強設計法, 日本建築学会構造系論文集, No. 616, pp. 179-155, 2007, 7.
- 3) 木造軸組構法建物の耐震設計マニュアル編集委員会: 伝統構法を生かす木造耐震設計マニュアル, 学芸出版社, 2004, 3.